

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/056036

International filing date: 17 November 2005 (17.11.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 062 020.2  
Filing date: 23 December 2004 (23.12.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 January 2006 (17.01.2006)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



(01.12.2005)

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 10 2004 062 020.2

**Anmeldetag:** 23. Dezember 2004

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine

**IPC:** F 02 D 41/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. November 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Remus

ROBERT BOSCH GmbH, 70442 Stuttgart

R.310421

5      Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine

Stand der Technik

10      Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine  
sowie ein Verfahren zu deren Betrieb.

15      Für das Offenhalten eines innenöffnenden Hochdruckeinspritz-  
magnetventils bei Benzin-Direkteinspritzung wird eine Halte-  
phase eingesetzt, in der der durch das Hochdruckeinspritz-  
ventil fließende Strom auf einen effektiven Haltestromwert  
20      geregelt wird. Die Stromregelung erfolgt durch eine Endstufe  
des Steuergerätes, welche eine vom fließenden Strom abhängi-  
ge Verlustleistung erzeugt. Die Verlustleistung kann insbe-  
sondere bei hochintegrierten Endstufen zu einer Überhitzung  
und zu konsequentem Versagen der Endstufe und darum zu Ein-  
25      spritzungsaussetzer führen. In diesen Fällen muss das Wärme-  
abfuhrvermögen der Leiterplatte örtlich verbessert werden,  
was zu erhöhten Kosten führt. Die Streuung der von dem Hoch-  
druckeinspritzventil abgespritzten Kraftstoffmenge ist umso  
30      schlechter, je höher der Haltestrom ist, da die Löschzeit  
des Stroms und darum die Schließzeit des Ventils und die ab-  
gespritzte Übermenge von der Höhe des Haltestroms abhängt.  
Die Höhe des Haltestroms wird hauptsächlich durch den ma-  
ximalen Systemdruck (gegen den das Hochdruckeinspritzven-  
til offen gehalten werden muss) und den statischen Durch-  
fluss bestimmt.

Probleme des Standes der Technik

Der höchste Systemdruck im Normalbetrieb bei Benzin-Direkteinspritzung wird durch das Öffnen eines Druckbegrenzungsventils bestimmt. Der Öffnungsdruck des Druckbegrenzungsventils wird in zwei Fällen des Normalbetriebs erreicht. Den ersten Fall stellt der Heißstart dar, d.h. ein Startvorgang nach einer Abstellphase mit Druckerhöhung im Kraftstoffhochdrucksystem auf Grund der Aufheizung des Kraftstoffs. Die Aufheizung des Kraftstoffs im Kraftstoffsystem erfolgt durch die Wärmeübertragung eines vorher in Volllast gefahrenen und deshalb stark aufgeheizten Motors. Der zweite Fall stellt das Wiedereinsetzen der Einspritzungen nach einem Schubetrieb dar. Im Schubetrieb wird das Einspritzen des Kraftstoffs eingestellt, und eine Druckerhöhung im Kraftstoffhochdrucksystem findet wegen dem oben genannten Grund statt. In beiden Fällen wird der Druck im Kraftstoffhochdrucksystem nach einigen Einspritzungen bis auf normales, geringeres Druckniveau abgesenkt. Der Haltestrom wird aber für den maximal erreichbaren Druck ausgelegt, nämlich für den Öffnungsdruck des Druckbegrenzungsventils. Die von der Endstufe erzeugte Verlustleistung und die Streuung der vom Hochdruckeinspritzventil abgespritzten Kraftstoffmenge könnten reduziert werden, falls ein reduzierter Haltestrom eingesetzt werden wäre. Das ist prinzipiell möglich, außer für die zwei oben erwähnten Fälle.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein sicheres Offenhalten der Ventile in allen Betriebsbedingungen zu ermöglichen.

#### Vorteile der Erfindung

Dieses Problem wird gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzventil, das elektrisch geöffnet und geschlossen wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für ein geöffnetes Ventil in

bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine von einem Standardwert auf einen erhöhten Wert umgeschaltet und mit Beendigung des bestimmten Betriebszustandes auf den Standardwert zurückgesetzt wird.

5

10

15

20

25

Ein Vorteil der Erfindung ist es, dass die Kühlungsbedingungen der Endstufe für den Normalbetrieb dimensioniert werden können. Man kann somit auf ein verbessertes, mit Kosten verbundenes Wärmeabfuhrvermögen der Leiterplatte verzichten. Die Überdimensionierung der Kühlungsbedingungen des Steuergerätes wegen der Systemdimensionierung für den Heißstart und Wiedereinsetzen nach Schubabschalten ist nicht notwendig. Der Zumessfehler des Hochdruckeinspritzventils wird ohne aufwändige Maßnahmen wie einer Konstruktionsänderung, Sortieren, usw. reduziert. Ferner kann ggf. die Kraft um das Hochdruckeinspritzventil offen zu halten erhöht werden, z.B. durch die Erhöhung des statischen Durchflusses des Ventils. Mit einem größeren statischen Durchfluss kann z.B. eine aufgeladene Variante einer Motorbaureihe bedient werden. Mit größerem statischen Durchfluss wird auch das Verhalten des Starts bei Tieftemperaturen verbessert. Die Erhöhung wird rückgängig gemacht, sobald der Kraftstoffdruck nach einigen Einspritzungen abgesenkt wird. Somit wird die Verlustleistung der Endstufe reduziert und durch die wenigen Einspritzungen mit geändertem Haltestrom erfolgt keine unzulässige Aufheizung der Endstufe. Die Zumessgenauigkeit des Hochdruckeinspritzventils wird auch verbessert.

30

35

Das Stromprofil wird beim Start generell geändert, so dass das Offenhalten der Hochdruckeinspritzventile bis zum Öffnungsdruck des Druckbegrenzungsventils sichergestellt ist. Am Ende des Startvorgangs wird der reduzierte Haltestrom für den Normalbetrieb wieder aktiviert. Überschreitet der Systemdruck eine bestimmte Druckschwelle im Schubbetrieb,

wird der Haltestrom für die darauf folgende Wiedereinsetzphase geändert. Die ersten Einspritzungen der Wiedereinsetzphase werden dann mit einem erhöhten Haltestrom abgesetzt. Sobald der Systemdruck die Druckschwelle wieder unterschreitet, wird der Haltestrom auf originelles, geringeres Niveau zurückgesetzt.

In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil während eines Startvorganges der Brennkraftmaschine von dem Standardwert auf den erhöhten Wert umgeschaltet und mit Übergang in den Normalbetrieb auf den Standardwert zurückgesetzt wird. Ebenso kann vorgesehen sein, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil bei Beendigung eines Schubetriebes von dem Standardwert auf den erhöhten Wert umgeschaltet und mit Übergang in den Normalbetrieb auf den Standardwert zurückgesetzt wird.

In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil beim Vorkommen eines Fehlerfalls Vollförderung der Hochdruckpumpe von dem Standardwert auf den erhöhten Wert umgeschaltet und bei Behebung des Fehlers in den Normalbetrieb auf den Standardwert zurückgesetzt wird. Unter dem Fehlerfall Vollförderung der Hochdruckpumpe ist insbesondere der Fall zu verstehen, dass die Hochdruckpumpe ungeregelt mit maximaler Leistung fördert.

In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Umschaltung zwischen Standardwert und erhöhtem Wert innerhalb eines Einspritzzyklus geschieht.

In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil von dem erhöhten Wert auf den Standardwert umgeschaltet wird wenn der Raildruck eine un-

tere Schwelle unterschreitet. Mit Unterschreiten der Schwelle wird in den Normalbetrieb übergegangen.

5 In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil von dem erhöhten Wert auf den Standardwert umgeschaltet wird wenn die Anzahl der Einspritzungen mit dem erhöhten Wert des Haltestroms einen Maximalwert überschreitet. Der erhöhte Wert des Haltestroms wird also nur für eine bestimmte Dauer, z.B. in Anzahl der Einspritzungen gemessen, aufrecht erhalten.

10 Das Eingangs genannte Problem wird auch gelöst durch eine Brennkraftmaschine mit einem Einspritzventil, das elektrisch geöffnet und geschlossen werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil von einem Standardwert auf einen erhöhten Wert umschaltbar ist.

20 Zeichnungen

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

25 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Zylinders einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoffversorgungssystem;

30 Fig. 2 eine Schaltskizze mit Steuergerät und Einspritzdüsen.

35 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Zylinders einer Brennkraftmaschine mit zugehörigen Komponenten des Kraftstoffversorgungssystems. Dargestellt ist eine Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung (Benzindirekteinspritzung BDE) mit

einem Kraftstofftank 11, an dem eine Elektrokraftstoffpumpe (EKP) 12, ein Kraftstofffilter 13 und ein Niederdruckregler 14 angeordnet sind. Vom Kraftstofftank 11 führt eine Kraftstoffleitung 15 zu einer Hochdruckpumpe 16. An die Hochdruckpumpe 16 schließt sich ein Speicherraum 17 an. Am Speicherraum 17 sind Einspritzventile 18 angeordnet, die vorzugsweise direkt Brenn-  
räumen 26 der Brennkraftmaschine zugeordnet sind. Bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung ist jedem Brennraum 26 wenigstens ein Einspritzventil 18 zugeordnet, es können hier aber auch mehrere Einspritzventile 18 für jeden Brennraum 26 vorgesehen sein. Der Kraftstoff wird durch die Elektrokraftstoffpumpe 12 aus dem Kraftstofftank 11 über den Kraftstofffilter 13 und die Kraftstoffleitung 15 zur Hochdruckpumpe 16 gefördert. Der Kraftstofffilter 13 hat die Aufgabe, Fremdpartikel aus dem Kraftstoff zu entfernen. Mit Hilfe des Niederdruckreglers 14 wird der Kraftstoffdruck in einem Niederdruckbereich des Kraftstoffversorgungssystems auf einen vorbestimmten Wert, der meist in der Größenordnung von etwa 4 bis 5 bar liegt, geregelt. Die Hochdruckpumpe 16, die vorzugsweise direkt von der Brennkraftmaschine angetrieben wird, verdichtet den Kraftstoff und fördert ihn den Speicherraum 17. Der Kraftstoffdruck erreicht hierbei Werte von bis zu etwa 150 bar. In Fig. 1 ist beispielhaft ein Brennraum 26 einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung dargestellt, im Allgemeinen weist die Brennkraftmaschine mehrere Zylinder mit je einem Brennraum 26 auf. An dem Brennraum 26 ist wenigstens ein Einspritzventil 18, wenigstens eine Zündkerze 24, wenigstens ein Einlassventil 27, wenigstens ein Auslassventil 28 angeordnet. Der Brennraum wird von einem Kolben 29, der in dem Zylinder auf- und abgleiten kann, begrenzt. Über das Einlassventil 27 wird Frischluft aus einem Ansaugtrakt 36 in den Brennraum 26 angesaugt. Mit Hilfe des Einspritzventils 18 wird der Kraftstoff direkt in den Brennraum 26 der Brennkraftmaschine gespritzt. Mit der Zündkerze 24 wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch entzündet. Durch die



Ausdehnung des entzündeten Kraftstoff-Luft-Gemisches wird der Kolben 29 angetrieben. Die Bewegung des Kolbens 29 wird über eine Pleuelstange 37 auf eine Kurbelwelle 35 übertragen. An der Kurbelwelle 35 ist eine Segmentscheibe 34 angeordnet, die von einem Drehzahlsensor 30 abgetastet wird. Der Drehzahlsensor 30 erzeugt ein Signal, das die Drehbewegung der Kurbelwelle 35 charakterisiert.

Die bei der Verbrennung entstehenden Abgase gelangen über das Auslassventil 28 aus dem Brennraum 26 zu einem Abgasrohr 33, in dem ein Temperatursensor 31 und eine Lambdasonde 32 angeordnet sind. Mit Hilfe des Temperatursensors 31 wird die Temperatur und mit Hilfe der Lambdasonde 32 der Sauerstoffgehalt der Abgase erfasst.

Ein Drucksensor 21 und ein Drucksteuerventil 19 sind am Speicherraum 17 angeschlossen. Das Drucksteuerventil 19 ist eingangsseitig mit dem Speicherraum 17 verbunden. Ausgangsseitig führt eine Rückflussleitung 20 zur Kraftstoffleitung 15. In dem Ansaugtrakt 36 ist eine Drosselklappe 38 angeordnet, deren Drehstellung über eine Signalleitung 39 und einen zugehörigen, hier nicht dargestellten elektrischen Aktuator durch das Steuergerät 25 einstellbar ist.

Anstatt einem Drucksteuerventil 19 kann auch ein Mengensteuerventil in dem Kraftstoffversorgungssystem 10 zur Anwendung kommen. Mit Hilfe des Drucksensors 21 wird der Istwert des Kraftstoffdrucks im Speicherraum 17 erfasst und einem Steuergerät 25 zugeführt. Durch das Steuergerät 25 wird auf der Basis des erfassten Istwertes des Kraftstoffdrucks ein Ansteuersignal gebildet, mit dem das Drucksteuerventil angesteuert wird. Die elektrische Ansteuerung der Einspritzventile 18 ist in Fig. 1 nicht dargestellt, diese ergibt sich aus Fig. 2. Über Steuerungssignalleitungen 22 sind die verschiedenen Aktuatoren und

Sensoren mit dem Steuergerät 25 verbunden. Im Steuergerät 25 sind verschiedene Funktionen, die zur Steuerung der Brennkraftmaschinen dienen, implementiert. In modernen Steuergeräten werden diese Funktionen auf einem Rechner programmiert und anschließend in einem Speicher des Steuergerätes 25 abgelegt. Die im Speicher abgelegten Funktionen werden in Abhängigkeit der Anforderungen an die Brennkraftmaschine aktiviert, hierbei werden insbesondere strenge Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit des Steuergerätes 25 gestellt. Prinzipiell ist eine reine Hardwarerealisierung der Steuerung der Brennkraftmaschine alternativ zu einer Softwarerealisierung möglich.

In Fig. 2 ist die Beschaltung der Einspritzventile, diese sind hier als HPIV 11 sowie HPIV 12 bezeichnet, mit dem Steuergerät 25 dargestellt. Der Einfachheit halber sind in der nachfolgenden Darstellung die Indizes der jeweils dreifach vorhandenen Ausgänge BATTX, BOOSTX, SPOX, SHSX, DLSX1 sowie DLSX2 unterdrückt. Die Skizze zeigt beispielhaft einen Vierzylindermotor mit zwei Banken, hier als Bank 1 und als Bank 2 bezeichnet, wobei nur Bank 1 näher dargestellt ist. Das Steuergerät 25 umfasst hier eine Endstufe 40 zur Ansteuerung der Einspritzventile HPIV 11 und HPIV 12 sowie einen Mikrocontroller 41 zur Steuerung der Funktionen des Steuergerätes 25. Die Ansteuerung der Einspritzventile HPIV 11 sowie HPIV 12 erfolgt dergestalt, dass die Endstufe 40 die Signale BOOSTx\_1 bis BOOSTx\_3 zu SBOx\_1 bis SBOx\_3 in der Boosterphase zuschaltet, und DLSX1\_1 bis DLSX1\_3 für die Ansteuerung von HPIV11 zur Masse zuschaltet. Dadurch fließt ein hoher Strom durch HPIV11. Der notwendige Boosterstrom wird über die Eingänge BOOSTX\_1 usw. einem Boosterkondensator BK entnommen. Der Boosterkondensator BK wird dabei bei jedem Öffnungsvorgang eines der Einspritzventile entladen und in der Zwischenzeit über eine Nachladedrossel NLD, der an eine Batteriespannungsversorgung BS angeschlossen ist,

nachgeladen. Ein Nachladetransistor NLT dient der Steuerung des Nachladevorgangs.

5 Nach der Boosterphase schaltet die Endstufe 40 die Signale  
BATTx\_1 bis BATTx\_3 zu SHSx\_1 bis SHSx\_3 zu, und DLSX1\_1 bis  
DLSX1\_3 für die Ansteuerung von HPIV11 zur Masse. Somit  
fließt ein geringerer Strom in der Haltephase durch HPIV11.  
Der Ausgang SHSX liefert dabei eine Grundspannung zum Offen-  
halten des Ventils. Der Haltestrom wird durch das ab- und  
10 zuschalten von BATTx\_1 bis BATTx\_3 zu SHSx\_1 bis SHSx\_3 auf  
einem bestimmten, vorgewählten Niveau geregelt.

15 Das Boosterstromniveau lässt sich durch den Mikrocontroller  
31 schrittweise einstellen, beispielsweise zwischen 1,9 und  
2,5 Ampere in 0,2 Ampereschritten. Wird das Haltestromniveau  
so hoch eingestellt, wird die durch das Fließen des Stroms  
bedingte Verlustleistung zu hoch, welche bei unzureichender  
Wärmeabfuhr aus der Endstufe zu einer Überhitzung und ggf.  
thermischem Abschalten der Endstufe führt. Um eine Überhit-  
20 zung der Endstufe zu vermeiden wird der Betrieb mit höherem  
Haltestrom auf einige Einspritzungen begrenzt. Die Umschal-  
tung auf Normalbetrieb kann durch Unterschreiten einer  
Druckschwelle erfolgen. Alternativ kann nach einer bestimm-  
ten Anzahl von Einspritzungen, wobei die Anzahl vom Be-  
25 triebszustand der Brennkraftmaschine, z.B. Drehzahl, Last  
und dergleichen abhängig sein kann, auf Normalbetrieb umge-  
schaltet werden.

## Ansprüche

5 1. Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzventil (18), das elektrisch geöffnet und geschlossen wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für ein geöffnetes Ventil (18) in bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine von einem Standardwert auf einen erhöhten Wert umgeschaltet und mit Beendigung des bestimmten Betriebszustandes auf den Standardwert zurückgesetzt wird.

15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil während eines Startvorganges der Brennkraftmaschine von dem Standardwert auf den erhöhten Wert umgeschaltet und mit Übergang in den Normalbetrieb auf den Standardwert zurückgesetzt wird.

20 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil bei Beendigung eines Schubbetriebes von dem Standardwert auf den erhöhten Wert umgeschaltet und mit Übergang in den Normalbetrieb auf den Standardwert zurückgesetzt wird.

25 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil beim Vorkommen eines Fehlerfalls Vollförderung der Hochdruckpumpe HDP 16 von dem Standardwert auf den erhöhten Wert umgeschaltet und bei Behebung des Fehlers in den Normalbetrieb auf den Standardwert zurückgesetzt wird.

30 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltung zwischen Stan-

dardwert und erhöhtem Wert innerhalb eines Einspritzzyklus geschieht.

5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil von dem erhöhten Wert auf den Standardwert umgeschaltet wird wenn der Raildruck eine untere Schwelle unterschreitet.

10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil von dem erhöhten Wert auf den Standardwert und umgeschaltet wird wenn die Anzahl der Einspritzungen mit dem erhöhten Wert des Haltestroms einen Maximalwert überschreitet  
15

20 8. Brennkraftmaschine mit einem Einspritzventil (18), das elektrisch geöffnet und geschlossen werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltestrom für das geöffnete Ventil von einem Standardwert auf einen erhöhten Wert umschaltbar ist.

25

ROBERT BOSCH GmbH, 70442 Stuttgart

Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine

5

Zusammenfassung:

10

Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzventil (18), das elektrisch geöffnet und geschlossen wird, wird ein sicheres Offenhalten der Ventile in allen Betriebsbedingungen ermöglicht, indem der Haltestrom für ein geöffnetes Ventil (18) in bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine von einem Standardwert auf einen erhöhten Wert umgeschaltet und mit Beendigung des bestimmten Betriebszustandes auf den Standardwert zurückgesetzt wird.

15

(Fig. 2)

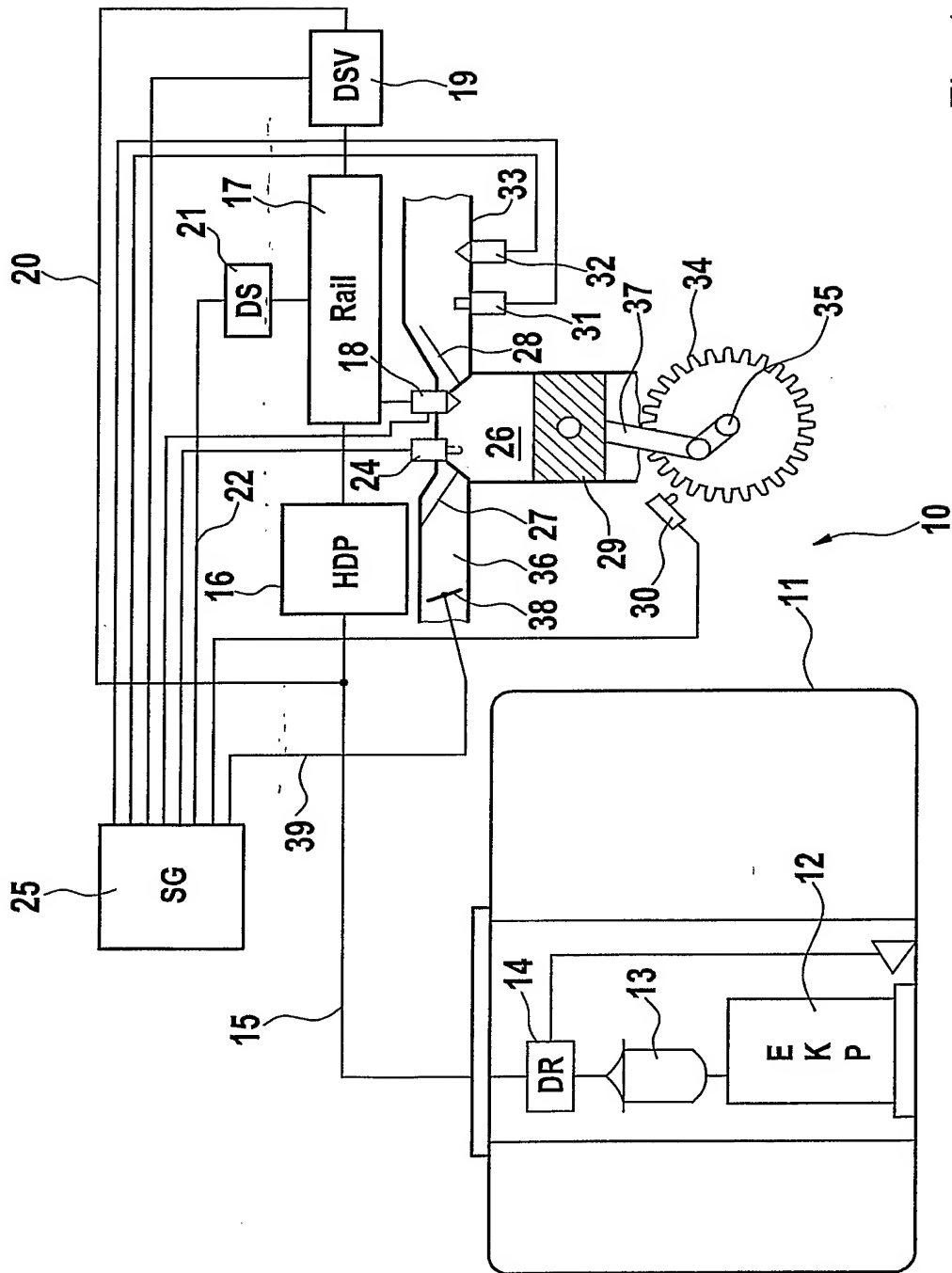


Fig. 1

R.310421

R.310421

